ANEXO A

UTILIZAÇÃO DO PROGRAMA FEMIX 3.1

Neste capítulo é efectuada uma breve descrição das tarefas que é necessário empreender para analisar uma estrutura com o programa FEMIX - Versão 3.1.

A documentação completa, bem como as instruções para o *download* do programa FEMIX 3.1, encontram-se no seguinte URL:

http://civil.fe.up.pt/Software/Femix_3.1/Femix_3.1_Manual.htm

Refere-se em primeiro lugar o modo de instalação, seguindo-se um exemplo de aplicação. Nesta publicação não se pretende repetir o conteúdo do manual do programa [A.1], devendo o leitor recorrer à documentação completa sempre que surgirem dúvidas.

A.1 - Instalação

Descarregar do URL acima referido o seguinte ficheiro:

femix_V3.1_0031.zip

Fazer a extracção de todo o conteúdo deste ficheiro para um directório qualquer. Sugere-se a instalação em C:\ sendo automaticamente criado neste local um directório chamado C:\femix. Dentro deste directório surgem outros subdirectórios. É aconselhável acrescentar ao "PATH" o directório C:\femix\bin. Em Windows 2000 ou XP, esta operação pode ser efectuada clicando em "My Computer" com o botão da direita e seleccionando "Properties / Advanced / Environment Variables". Seleccionar em seguida o "PATH" do utilizador corrente a carregar no botão "Edit". Em seguida deve-se acrescentar no fim da lista de directórios o seguinte texto:

; C:\femix\bin

Aconselha-se também a criação no "Desktop" de "Shortcuts" para os seguintes programas:

```
C:\femix\bin\s3dcad.exe
C:\femix\bin\drawmesh.exe
```

Habitualmente, a invocação dos diversos módulos é feita a partir da linha de comandos. Para obter uma janela que suporta a invocação de comandos deve-se seleccionar: "Start / Run" e em seguida escrever na janela de texto:

```
cmd
```

Para aumentar o número de linhas de texto deve-se clicar no canto superior esquerdo da janela de comandos e seleccionar: "Properties / Layout". Em seguida aumentar o parâmetro "Window Size / Height".

Para testar a instalação, deve-se fazer o seguinte:

```
Abrir uma janela de comandos (cmd)
cd  \temp
md  femix
cd  femix
s3dcad
```

Se a instalação tiver sido feita correctamente, deve ser possível arrancar o programa s3dcad a partir do directório corrente.

Tendo em vista uma familiarização com os diversos ficheiros que fazem parte da instalação, aconselha-se uma inspecção ao conteúdo de todos os directórios que se encontram dentro de C:\femix.

A.2 - Preparação dos dados

Apresenta-se em seguida uma descrição dos principais passos a dar para se chegar aos resultados de uma análise com o programa FEMIX 3.1. Todas as fases são exemplificadas com base na estrutura representada na Figura A.1.
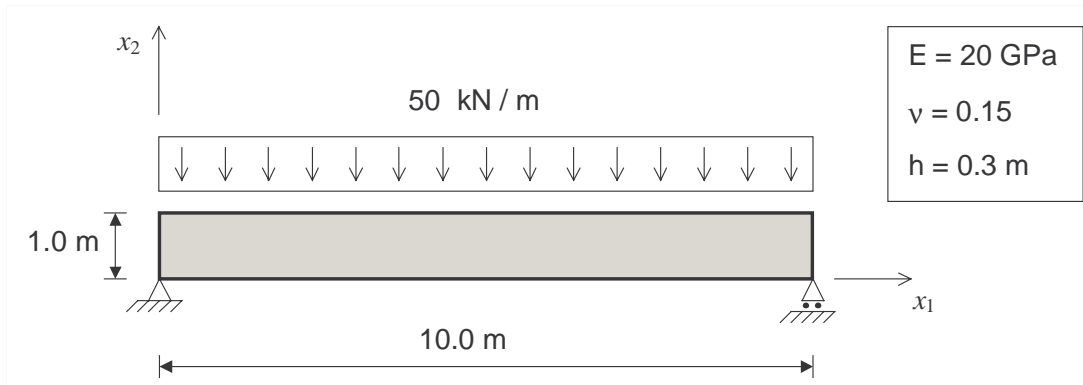
Fig. A.1 - Viga que se pretende analisar pelo MEF usando o programa FEMIX.

Para criar um ficheiro de dados contendo a quase totalidade da informação que descreve o problema, deve-se escrever o seguinte a partir da linha de comandos [A.2]:

Nota: o caracter '#' e todos os que se encontram à sua direita são comentários, não sendo necessário digitá-los.

```
s3dcad
csm   # Create a simple mesh
      2   # Rectangle
      10   # Size in x [1]
      1   # Size in x [2]
gen   # Generate a refined mesh
      2   # Surfaces
      4   # N. of nodes of the generated elements
      4   # N. of divisions for all the elements in s1
      1   # N. of divisions for all the elements in s2
ren   # Renumber elements, nodes and special nodes
      1   # Default answer
      2   # Default answer
      3   # Default answer
      y   # Default answer
      y   # Default answer
      y   # Default answer
      1.0e-5   # Default answer
wri   # Write a .s3d file
      viga44   # Job name (elementos de 4 nós; malha com 4 elementos)
gld   # Write a _gl.dat file (femix)
      viga44   # Job name
```

```
        1   # Plane stress
        1   # From the coordinates (x1,x2)
end   # End s3dcad
```

Da execução destes comandos resultam os seguintes ficheiros:

```
viga44.s3d   # Ficheiro com a geometria, tendo em vista a sua visualização gráfica
viga44_gl.dat   # Ficheiro com os dados para a análise com o FEMIX
```

Uma vez que se tratam de ficheiros do tipo "texto", o seu conteúdo pode ser inspeccionado, por exemplo, com os programas Notepad ou Word.

O ficheiro viga44.s3d destina-se ao programa drawmesh (ver a Figura A.2). Os principais comandos deste programa são os seguintes:

```
File / Import   # Importar o ficheiro de extensão .s3d
View / Set View Angles / XY   # Visualizar o plano XY
Options / Markers   # Colocar tudo "Visible"
Options / Numbers   # Colocar tudo "Visible"
Options / Lines   # Alterar o "Shrink factor" para 90%
View / Shading   # Fazer a coloração dos elementos
```

Nota: para muitos dos comandos existem botões nas barras de ferramentas, bem como teclas de atalho (fazer Help / Keyboard Commands).
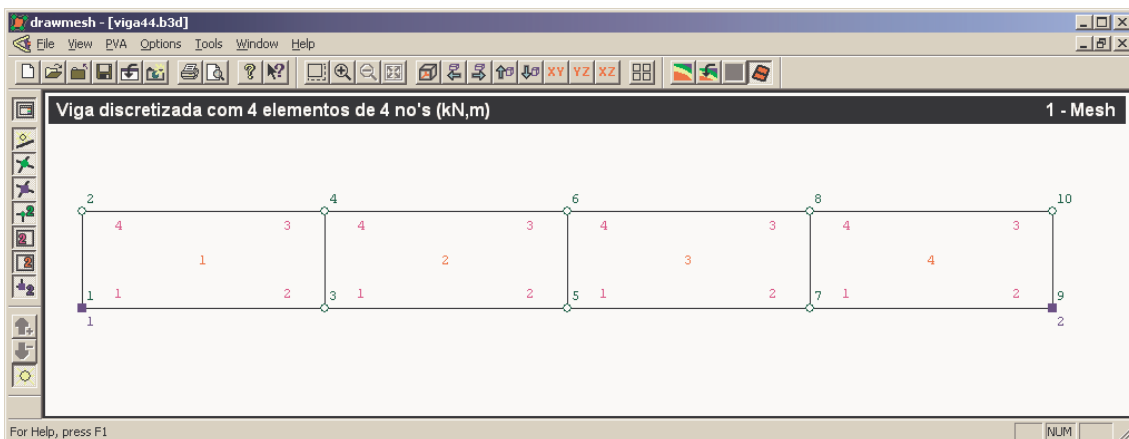
Fig. A.2 - Visualização da malha com o programa drawmesh.

O ficheiro viga44_gl.dat, que foi gerado com o programa s3dcad, ainda não se encontra completo. Referem-se em seguida as alterações que devem ser efectuadas.

Substituir o título "Rectangular mesh" por:

```
Viga discretizada com 4 elementos de 4 no's (kN,m)
```

Substituir o bloco de parâmetros pelo seguinte:

```
4 # nelem (n. of elements in the mesh)
10 # npoin (n. of points in the mesh)
2 # nvfix (n. of points with fixed degrees of freedom)
1 # ncase (n. of load cases)
1 # nmats (n. of sets of material properties)
1 # nspen (n. of sets of element nodal properties)
1 # ntype (problem type)
4 # nnode (n. of nodes per element)
2 # ngaus (n. of Gauss points in the integration rule) (element stiffness)
2 # ngstr (n. of Gauss points in the integration rule) (stresses)
2 # ndime (n. of geometric dimensions)
2 # ndofn (n. of degrees of freedom per node)
0 # nnscs (n. of points with specified coordinate system)
0 # nsscs (n. of specified coordinate systems)
0 # npspr (n. of springs)
0 # nsspv (n. of spring vectors)
4 # nprop (n. of material properties used in the formulation)
1 # npren (n. of element nodal properties used in the formulation)
0 # nwink (n. of element faces with Winkler coefficients)
```

Acrescentar as definições das características dos apoios ao seguinte bloco de dados:

```
### Points with fixed degrees of freedom and fixity codes (1-fixed;0-free)
# ivfix nofix    ifpre ...
    1    1      1  1
    2    9      0  1
```

Remover os seguintes blocos de dados:

```
### Points with specified coordinate system
### Specified coordinate system index
### Spring index, point number, type of spring vector, spring constant value and...
### Spring vector index
```

Modificar as propriedades do material para o seguinte:

```
### Sets of material properties
### (Young modulus, Poisson ratio, mass per unit volume and thermic coeff.)
# imats    young   poiss   dense    alpha
      1  20.0e+6    0.15      0.0       0.0
#            kPa
```

Modificar o bloco das espessuras nodais para o seguinte:

```
### Sets of element nodal properties
# ispen
    1
# inode    thickness
      1      0.3
      2      0.3
      3      0.3
      4      0.3
```

Substituir os casos de carga que surgem por defeito pelas seguintes linhas:

```
### Title of the first load case
Carga distribuida de 50 kN/m

### Load parameters
   0 # nplod (n. of point loads in nodal points)
   0 # ngrav (gravity load flag: 1-yes;0-no)
   4 # nedge (n. of edge loads) (F.E.M. only)
   0 # nface (n. of face loads) (F.E.M. only)
   0 # nteme (n. of elements with temperature variation) (F.E.M. only)
   0 # nudis (n. of uniformly distributed loads) (3d frames and trusses only)
   0 # ntral (n. of trapezoidal distributed loads (3d frames and trusses only)
   0 # nepoi (n. of bar point loads) (3d frames and trusses only)
   0 # ntemb (n. of bars with temper. variation) (3d frames and trusses only)
   0 # nprva (n. of prescribed and non zero degrees of freedom)

### Edge load (loaded element, loaded points and load value)
### (local coordinate system)

# iedge  loele
      1      1
# lopoe     fe1    fe2
      2     0.0   -50.0
```

```
        4    0.0   -50.0

# iedge  loele
        2      2
# lopoe     fe1    fe2
        4    0.0   -50.0
        6    0.0   -50.0

# iedge  loele
        3      3
# lopoe     fe1    fe2
        6    0.0   -50.0
        8    0.0   -50.0

# iedge  loele
        4      4
# lopoe     fe1    fe2
        8    0.0   -50.0
       10    0.0   -50.0

END_OF_FILE
```

A.3 - Execução do programa

Depois de ter o ficheiro viga44_gl.dat completamente definido, escrever na linha de comandos o seguinte:

```
prefemix  viga44   # Verificar a coerência dos dados
femix  viga44  d   # Calcular a matriz de rigidez global, calcular o vector solicitação
                     global e resolver o sistema de equações lineares
posfemix  viga44   # Gravar diversos tipos de ficheiros de resultados
```

Depois de executar as diversas opções do programa posfemix pode-se inspeccionar os ficheiros que foram criados, dos quais se destacam os seguintes:

viga44_gl.lpt	- dados formatados
viga44_rs.lpt	- resultados formatados
viga44_me.s3d	- malha indeformada

viga44_dm.s3d - malha deformada

viga44_ps.s3d - tensões principais

viga44_di.pva - campo de deslocamentos

viga44_d.s3d - malha indeformada desconectada

viga44_d_st.pva - campo de tensões relativo à malha desconectada

A.4 - Visualização gráfica

Para visualizar os ficheiros de extensão .s3d deve-se fazer, no drawmesh, "File / Import".

Para visualizar os campos escalares contidos em ficheiros de extensão .pva deve-se fazer, no drawmesh, "PVA / Import". Este opção deve ser seleccionada depois de se ter lido a correspondente malha num ficheiro de extensão .s3d.

Para capturar o conteúdo de uma janela do drawmesh pode-se fazer "File / Export View Image". Desta forma é criado um ficheiro com extensão .bmp, que pode em seguida ser inserido num documento Word, ou em qualquer outra aplicação Windows.

Para combinar a malha indeformada com a malha deformada deve-se escrever na linha de comandos:

```
s3djoin -o viga44_medm viga44_me viga44_dm
```

Em seguida importar o ficheiro viga44_medm.s3d com o drawmesh (ver a Figura A.3).
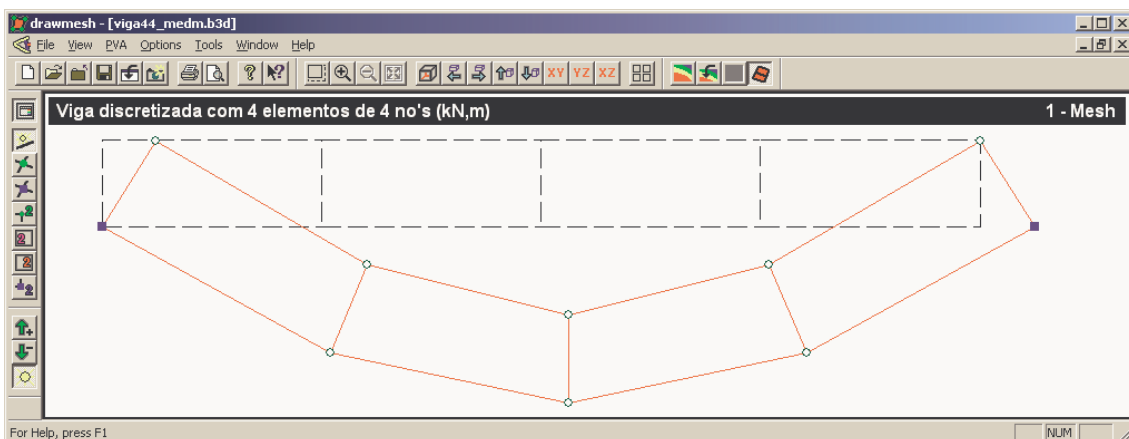
Fig. A.3 - Visualização da malha deformada com o programa drawmesh.

Para combinar as tensões principais com a malha indeformada deve-se escrever na linha de comandos:

```
s3djoin -o viga44_meps viga44_me viga44_ps
```

Em seguida importar o ficheiro viga44_meps.s3d com o drawmesh (ver a Figura A.4).
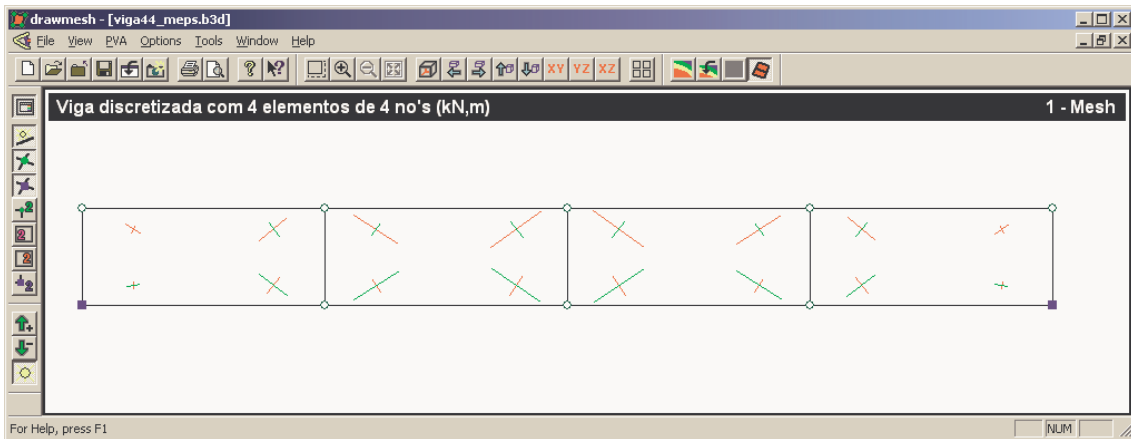
Fig. A.4 - Visualização das tensões principais com o programa drawmesh.

Na Figura A.5 encontra-se representado o campo escalar correspondente aos deslocamentos segundo x_1.
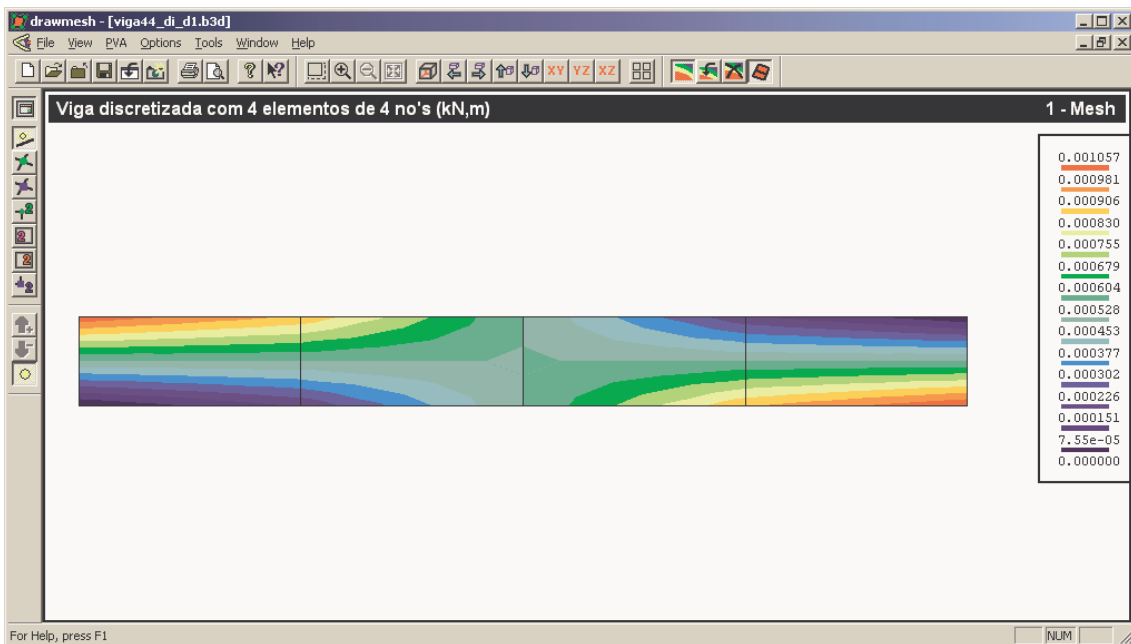
Fig. A.5 - Visualização do campo de deslocamentos horizontais com o programa drawmesh.

Na Figura A.6 encontra-se representado o campo escalar correspondente às tensões normais segundo x_1.
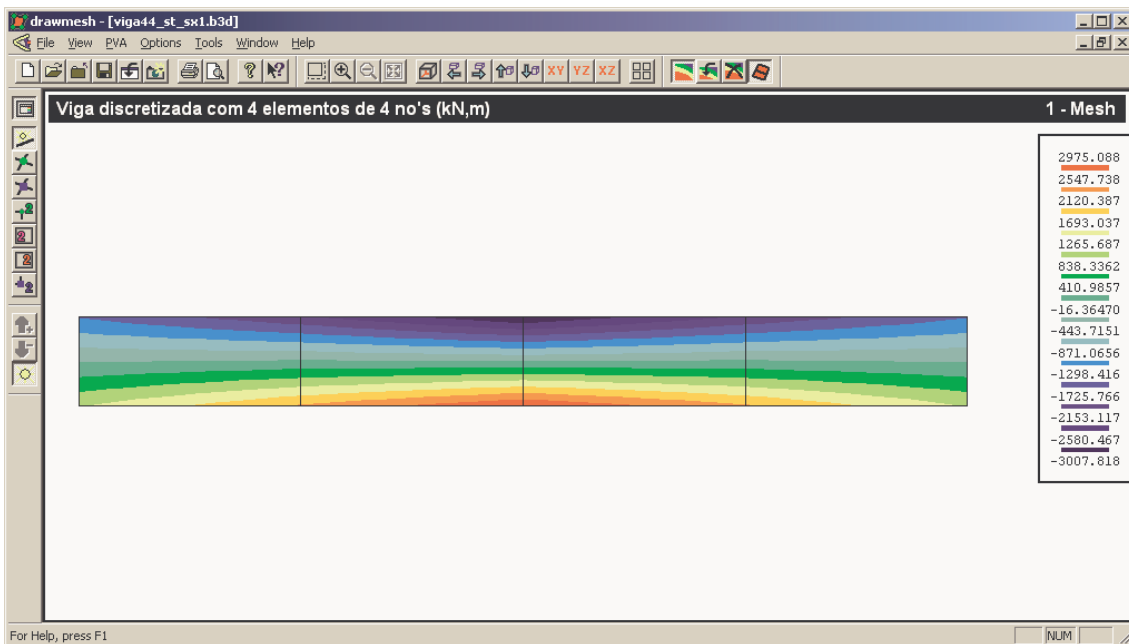
Fig. A.6 - Visualização do campo de tensões normais σ_{x1} com o programa drawmesh.

A.5 - Considerações finais

Neste capítulo foi apresentado um exemplo muito simples de aplicação do programa FEMIX à análise de uma estrutura pelo MEF. Para fazer aplicações a outros tipos de estruturas aconselha-se a leitura da correspondente documentação [A.1] [A.2].

BIBLIOGRAFIA

[A.1] - Azevedo, A. F. M.; Barros, J. A. O. - Manual de Utilização do Programa FEMIX - Versão 3.1, Porto, 2000.

http://civil.fe.up.pt/Software/Femix_3.1/Femix_3.1_Manual.htm

[A.2] - Azevedo, A. F. M.; Barros, J. A. O. - Manual de Utilização do Programa S3DCAD - Versão 3.0, Porto, 1998.

http://civil.fe.up.pt/Software/Femix_3.1/pdf/S3dcad.pdf